

ОТЗЫВ

Официального оппонента
на диссертационную работу Кузнецовой Юлии Алексеевны
«Фотонные наночастицы оксида гадолиния для конверсии УФ
излучения: структура, оптические свойства и квантовая эффективность»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы

В кристаллических матрицах, позволяющих осуществлять конверсию ультрафиолетового и инфракрасного излучения в область видимого света, большой интерес представляют трехвалентные ионы редкоземельных элементов, обладающие метастабильными возбужденными состояниями. Для таких преобразователей в качестве матрицы для активирующих атомов лантаноидов перспективным является оксид гадолиния, позволяющий преобразовывать в видимый свет не только электромагнитную, но и ядерную энергию. В механизмах конверсии большое значение имеют точечные дефекты в решетке матрицы и концентрация ионов-активаторов. Реализация оптимальных вариантов конверсии излучения требует детального изучения и понимания совокупности процессов, сопровождающих конверсионные акты.

Именно на получение информации о дефектной структуре, электронных состояниях и механизмов переноса энергии нацелено данное исследование.

Структура и основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка цитированной литературы. Общий объем диссертационной работы составляет 151 страницу, в том числе 58 рисунков и 21 таблицу.

Первая глава содержит литературный обзор и постановку задач исследования. Вторая глава посвящена материалам и методикам исследования. Последующие четыре оригинальные главы освещают структуру и морфологию исследуемых наночастиц, спектр электронных состояний, оптические и люминесцентные свойства неактивированных и

активированных наночастиц, закономерности и механизмы конверсии ультрафиолетового излучения. Последняя седьмая глава отражает мнение автора о перспективах практического использования ультрафиолетовых конверторов $Gd_2O_3:Er$. В Заключении четко изложены выводы исследования, список литературы включает 142 позиции.

Анализ защищаемых положений. В работе представлены пять защищаемых положений.

Первое защищаемое положение связывает эффект самоактивированной люминесценции с возникновением в запрещенной зоне дискретных энергетических уровней, относящихся к трехвалентным ионам гадолиния с нарушенной координацией по кислороду.

Второе защищаемое положение связывает минимизацию безызлучательных потерь и увеличение эффективности конверсии ультрафиолетового излучения с появлением мягких фононных мод.

Третье защищаемое положение интерпретирует передачу энергии возбуждения между «дефектными» ионами гадолиния и эмиссионными центрами эрбия как резонансные диполь-квадрупольный и обменный механизмы.

Четвертое защищаемое положение рассматривает наблюдаемое бимодальное распределение энергии активации тушения фотолюминесценции ионов эрбия как следствие существования неэквивалентных позиций «дефектных» ионов гадолиния.

Пятое защищаемое положение трактует мультиомодальность распределения времен жизни возбужденных состояний ионов эрбия как следствие существования нескольких каналов переноса энергии в неэквивалентные позиции центров свечения.

Новизна полученных результатов

По существу, все выносимые на защиту положения являются новыми в научном отношении. Автором выполнен большой объем экспериментальных

исследований при использовании современных аналитических методов обработки данных и высоком качестве литературного обзора.

Особый интерес представляет экспериментально обнаруженный «эффект гигантского фононного размягчения», индуцированный ионами Er^{3+} в активированных наночастицах Gd_2O_3 . Наличие этого эффекта является фактором повышения эффективности конверсии ультрафиолетового излучения в видимый свет. Несомненно, интересен и факт существования нового типа точечных дефектов катионной подрешетки в наночастицах Gd_2O_3 , как и обнаружение параллельных каналов переноса энергии.

Обоснованность и достоверность результатов работы не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием аттестованных образцов (при аттестации задействованы рентгеновская дифракция и фотоэлектронная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния и сканирующая электронная микроскопия), экспериментальных установок с прецизионной точностью измерений, ясно очерченной и критически осмысленной постановки цели исследования, воспроизводимостью результатов, внутренней непротиворечивостью работы и согласием с известными литературными данными.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в научной печати в виде 38 научных публикаций, включая 18 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных WoS, Scopus и входящих в перечень ВАК. Оппонент подтверждает точность приведенных в диссертации ссылок на работы автора.

Работа прошла достаточную апробацию, ее результаты доложены на 21 представительных российских и международных научных конференциях (опубликованы 20 тезисов представленных автором с соавторами докладов).

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Практическая ценность работы

Результаты работы обладают явно выраженной практической значимостью, подтверждаемой разработкой новой технологии получения

фотонных наночастиц оксида гадолиния, нового способа получения тонкопленочных ультрафиолетовых конверторов и предложенным прототипом новой кремниевой солнечной ячейки с дополнительным конверсионным слоем наночастиц.

Замечания по работе

Диссертация, на мой взгляд, свободна от каких-либо существенных недоработок, тем не менее, полезно прояснить следующее замечание.

1) Название «эффект гигантского фононного размягчения» не вполне корректно. По существу этот эффект заключается в изменении эффективной энергии фононов, т.е. числа поглощаемых или испускаемых фононов в непрямых межзонных переходах в активированном оксиде гадолиния в зависимости от содержания активатора. Поэтому непонятно о каком «фононном размягчении» идет речь. К тому же, в неактивированных кубическом и моноклинном оксидах гадолиния не обнаружена фононная мода с волновым числом 628 см^{-1} (табл. 3.2), о «размягчении» которой идет речь (раздел 5.2). Автором доказано, что она не может появиться и в активированном эрбием оксиде гадолиния (рис.5.5b).

Разумеется, это замечание ни в коей мере не ставят под сомнение высокую оценку диссертационной работы. Работа написана хорошим языком, логика изложения материала соответствует поставленным целям.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, а также п.1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, ... как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления» и п.3 «Изучение экспериментального состояния конденсированных веществ..., фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния» паспорта специальности 01.04.07, а также критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых

степеней УрФУ». На использованные в диссертации результаты других авторов, в том числе, полученные при проведении совместных исследований, диссидентом, в работе даны соответствующие ссылки. Личный вклад автора в диссертационную работу у оппонента не вызывает сомнений. Автореферат соответствует содержанию и основным научным положениям работы.

Диссертация Ю.А. Кузнецовой «Фотонные наночастицы оксида гадолиния для конверсии УФ излучения: структура, оптические свойства и квантовая эффективность» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты, хорошо известные научной общественности, причем, часть результатов уже востребована практикой.

Считаю, что автор диссертации Юлия Алексеевна Кузнецова несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент, ведущий научный сотрудник лаборатории квантовой электроники ФГБУН Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика, профессор, адрес: 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 106, Тел.: 8 (343)-267-87-79, E-mail: plasma@iep.uran.ru.

20 сентября 2020 г.

Соломонов Владимир Иванович

Подпись Соломонова В.И. заверяю

Зам. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (адрес: 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106, сайт: www.iep.uran.ru) доктор физико-математических наук



Болтачев Грей Шамилевич